

⑪ 特許公報 (B2) 昭59-50042

⑤ Int.Cl.³
 G 02 B 27/18
 G 03 B 15/16
 27/32
 27/50
 G 03 G 15/04

識別記号

厅内整理番号
 6952-2H
 8007-2H
 6952-2H
 6952-2H

⑫⑬⑭公告 昭和59年(1984)12月6日
 発明の数 1

114

(全6頁)

1

⑯光学装置

- ⑯特 願 昭51-125433
 ⑯出 願 昭51(1976)10月19日
 ⑯公 開 昭52-50718
 ⑯⑮昭52(1977)4月23日
 優先権主張 ⑯1975年10月19日 ⑯イスラエル
 (I L) ⑯48318
 ⑯發明者 イザイア・グラサー・インバリ
 イスラエル国キルヤト・オノ・レ
 ビイ・エシユコル・ストリート37
 ⑯出願人 イエダ・リサーチ・アンド・ディ
 ベロップメント・コンパニー・リ
 ミテツド
 イスラエル国レホボ・ビー・オー
 ・ポツクス26
 ⑯代理人 弁理士 浅村 哲 外3名
 ⑯参考文献
 特公 昭46-13304 (JP, B1)

⑰特許請求の範囲

1 当該装置及び像平面の間の距離を比較的小さくして対象物の比較的大きい像を作るための光学装置において、対象物及び像平面の中間に配置された所定の構成の小レンズの表面配列を有して複数の像を作るレンズ装置と、前記複数の小レンズ及び像平面の中間に配置されて複数の分離した光線伝導進路を画成するサンプリング装置と、前記像平面に像を記録する装置を保持する像平面装置とを有し、前記小レンズのそれぞれが人の裸眼で解像し得る最小寸法より実質的に大きい寸法を有し、前記光線伝導進路のそれぞれが前記複数の像のそれぞれの像の異なる部分を示す光線を前記像平面へ伝導し、それにより前記光線伝導進路のそれぞれの総合が完全な像を前記像平面に作るように前記光線伝導進路を構成し、前記像平面装置が前記光線伝導進路のそれぞれを単一の小レンズの

面積にはば等しい面積に配置するに充分な前記サンプリング装置からの距離において前記像記録装置を維持するように配置されていることを特徴とする光学装置。

- 5 2 前記小レンズの表面配列がほぼ同じ小レンズの平らな列を有し且つ前記像平面装置が前記像記録装置を前記平らな列と平行関係に保持することを特徴とする特許請求の範囲第1項による光学装置。
 10 3 前記サンプリング装置が前記小レンズからの像の部分を示す光線を分離した位置において当該マスクを通過させるピンホールを形成して有する孔マスクを有することを特徴とする特許請求の範囲第1項による光学装置。
 15 4 前記レンズ装置が実質的に同じ小レンズの平らな列からなり、前記孔マスクが全体的に平らであり且つ前記平らな小レンズ列に対して平行に配設され、且つ前記像平面装置が前記像記録装置を前記平らな小レンズ列に対して平行関係に保持
 20 し、前記ピンホール列でのピンホールの周期が前記小レンズ列での小レンズの周期より実質的に大きくて各小レンズからの像の異なる部分を示す光線を前記マスクに通すことを特徴とする特許請求の範囲第3項による光学装置。
 25 5 前記小レンズのそれぞれが実質的に同じ焦点距離を有し且つ前記孔マスクが前記焦点距離に実質的に等しい距離だけ前記小レンズ列から離れていることを特徴とする特許請求の範囲第4項による光学装置。
 30 6 前記像平面装置が前記像記録装置を前記焦点距離に実質的に等しい前記孔マスクからの距離に保持することを特徴とする特許請求の範囲第5項による光学装置。
 7 前記小レンズ列の一方向への小レンズの周期
 35 がそれと直角な方向への小レンズの周期に等しいことを特徴とする特許請求の範囲第1項による光学装置。

8 前記周期が約0.2mmであることを特徴とする特許請求の範囲第7項による光学装置。

9 前記像平面装置によつて保持された像記録装置への前記光線伝導進路の到達を選択的に許し又は妨げるシャッター装置を更に有することを特徴とする特許請求の範囲第1項による光学装置。

10 前記像平面装置が写真感光物質を前記像平面に保持することを特徴とする特許請求の範囲第1項による光学装置。

11 前記ピンホールのそれぞれの幅が前記小レンズのそれぞれの幅が小レンズ列全体の幅に対する同じ比率を前記小レンズのそれぞれの幅に対して有することを特徴とする特許請求の範囲第4項による光学装置。

12 前記小レンズの平面配列が小レンズの單一列からなり、且つ前記サンプリング装置が前記小レンズの單一列と平行なピンホールの單一列を形成して有する孔マスクと、前記像平面装置によつて保持された像記録装置に対して前記小レンズ列及び前記ピンホール列をそれらの軸線に対して横方向へ移動させる移動装置と、光線が前記小レンズへ通る時以外前記像平面装置によつて保持された像記録装置へ光線が通るのを妨げるスクリーン装置とを有することを特徴とする特許請求の範囲第1項による光学装置。

13 前記ピンホール列でのピンホールの周期がそれぞれの小レンズからの像の異なる部分を示す光線を前記マスクに通すに充分なだけ前記小レンズ列での小レンズの周期より大きく、且つ前記移動装置が前記小レンズ列を第一の速度で移動させる小レンズ移動装置と、前記ピンホール列を前記第一の速度より僅かに速く且つ前記ピンホール列の前記ピンホールの周期及び前記小レンズの前記小レンズの周期の間の比と実質的に同じ比をもつて前記第一の速度に関係した第二の速度で移動させるピンホール移動装置とを有し、前記像平面装置によつて保持された像記録装置に対する前記小レンズ列及び前記ピンホール列の相対運動が走査像を像記録装置に作ることを特徴とする特許請求の範囲第12項による光学装置。

発明の詳細な説明

本発明は光学装置さらに詳しくいえば像平面に像を生ずる光学的結像装置あるいはこのような装置を用いた写真機に関する。

写真機のような簡潔な光学装置の設計においては主な目標は対物レンズと像を生ずる焦点面との間の必要な距離を最小にするとともに、その上に生じた像の大きさを最大にすることである。この目標を達する試みとして種々の形式の単一レンズや複合レンズがこれまで設計されたが、これらには比較的高価であることと生じた像に重大な歪を生ずるという欠点を有する。従来の複合レンズの一例を上げると、米国特許第3704277号に開示されたレンズである。

小さい像をならべてつくるための方法の一つとして小レンズ群の配列がよく知られている。像の大きさを最大にするとともにレンズと像平面との間隔を最小にするという上記の問題を解決するのに、この小レンズ群配列を使用することは未だ提案されていなかつた。その理由はこの小レンズ群は單一の大きい像を生ずるものではなく小さな像を多数生ずるものであるという事実による。

本発明によれば、当該装置及び像平面の間の距離を比較的小さくして対象物の比較的大きい像を作るための光学装置は対象物及び像平面の中間に配置された所定の構成の小レンズの表面配列を有して複数の像を作るレンズ装置と、前記複数の小レンズ及び像平面の中間に配置されて複数の分離した光線伝導進路を画成するサンプリング装置と、前記像平面に像を記録する装置を保持する像平面装置とを有し、前記小レンズのそれが人の裸眼で解像し得る最小寸法より実質的に大きい寸法を有し、前記光線伝導進路のそれが前記複数の像のそれぞれの像の異なる部分を示す光線を前記像平面へ伝導し、それにより前記光線伝導進路のそれぞれの総合が完全な像を前記像平面に作るように前記光線伝導進路を構成し、前記像平面装置が前記光線伝導進路のそれを單一の小レンズの面積にほぼ等しい面積に配置するに充分な前記サンプリング装置からの距離において前記像記録装置を維持するように配置されていることを特徴とする。

本発明の一実施例によれば一つ一つが比較的短い焦点距離をもつた多数の小レンズが対象物と像平面との間に、望ましくは平面上に一定の周期をもつて、配置される。個々の小レンズのおのおのは小像を生ずる。サンプリング装置の光線伝導進路の一つ一つは対応する小像の異なる部分を像平面

に伝える。サンプリング装置は小レンズ配列の配置とは僅かに異なる周期をもつたピンホール配列をその上にもつたマスクからなるのが好ましい。個々のピンホールの作用が組合せされると像平面に大きな像を生ずる。

本発明の他の一つの実施例によれば、小レンズの配列は平面状でなく、また周期的でなくて無作為としたものでもよい。このときサンプリング装置は、その分布と作用が本発明の上記の好ましい実施例により生ずる像と類似の組合せ像を像平面に生ずるように設計される。

さらに本発明の一実施例によれば、上述のような小レンズ配列とサンプリング装置、像平面におかれた感光性写真用フィルム、およびサンプリング装置と像平面との間におかれたシャッタとからなる「濃淡差の少い」写真機がえられる。

歪量の制御は、小レンズ配列を形成している小レンズの周期性あるいはピンホール配列サンプリング装置のピンホールの周期性を変えるような写真機の機構により行なう。このような少量の歪を入れることは文書複写用写真機において複写機により生ずる歪あるいは複写すべき原文中に存在する歪を修正する必要のあるとき有用である。

本発明のさらに別の一つの実施例によれば單一方向の小レンズ配列と單一方向のピンホール配列25とが平行関係におかれその軸に対して横方向に僅かに異つた速さで動きそれによつてフィルム上に組合せ像を生ずる走査用写真機がえられる。

前記走査用写真機の一つの変形によれば一つの寸法をもつた小レンズ配列およびピンホール配列は固定し、フィルムと対象物の両方とも動く。このようにして生じた像は時間とともに対象物の位置が変ることを示す。

本発明は図面と関連して詳細にのべることにより一層十分に理解され評価されるであろう。

第1図は対象物11に面しX方向にP₁の周期でY方向にP₂の周期で配列された多数の小レンズを含んでXY面内に配置された小レンズ配列10を示している。P₁とP₂とは同じになるよう40に、かつ相隣る小レンズ間の距離が人間の目の解像限界値の丁度下になるように約0.2mmになるように選ぶのが好ましい。P₁とP₂とが等しいとして、以後代表してP₀とする。

第1図に図示した小レンズ配列は本発明の実施

例によつて通常使用されている種々の小レンズ配列の典型的なものに過ぎない。例えば互に直交するX軸およびY軸に沿つてそれぞれ互に異なる周期P₁およびP₂をもつ平面状の小レンズ配列が用いられることがある、また小レンズの既知の無作為の周期的分布が代りに用いられることがある。小レンズ配列は必ずしも平面上に配置されるとは限らない。その代りに既知のいかなる面にそつて配置されてもよい。さらに小レンズの大きさおよび10周期は応用する所が異ればそれに適するように変更される。

小レンズ配列10はプラスチック製であるのが典型的で、多数の凸形小レンズの表面を画成するように成形されている。個々の小レンズの正確な15形は設計および製作規準に応じて変える。矩形、六角形、あるいは三角形のようないかなる配列も使用される。

ピンホール配列を設けたマスク12は通常小レンズ配列10に平行におかれ、その後側で光を受20けるような関係におかれる。小レンズ配列10とマスク12との間の距離はS₁で表わされ、個々の小レンズの焦点距離fと次の関係がある。

$$S_1 = \frac{f \cdot S}{S - f}$$

ここにSは対象物11と小レンズ配列10との距離である。通常Sはfよりはるかに大きいからS₁の近似値としてfを取つて十分である。ここで各小レンズの焦点距離fを1cmとして選べばS₁も301cmと選んだことになる。

ピンホール14はY軸方向にP₃の周期で、X軸方向にP₄の周期でマスク12上に配列され、P₃とP₄とは等しく小レンズ配列10上の小レンズの周期より僅かに異なることが好ましい。P₃と35P₄とが等しいとき、P₃とP₄は今後P₀で表わす。P₀=0.2mmのとき、P₀は便宜上0.22mmと選んでもよい。

平面上の小レンズ配列上のX軸およびY軸上の周期が異なるような、あるいは小レンズの無作為の既知の分布を含むような前述の本発明のさらに一般的な実施例によれば、小レンズ配列10上の個々の小レンズのおおのの中心とマスク12上の対応するピンホールとの間の位置の関係は次の式で与えられる。

$$X'_i = X_i (1 + e_x)$$

$$Y'_i = Y_i (1 + e_y)$$

ここに

X'_i はX軸方向の*i*番目のピンホールの位置

Y'_i はY軸方向の*i*番目のピンホールの位置

X_i はX軸方向の*i*番目の小レンズの中心の位置の座標

Y_i はY軸方向の*i*番目の小レンズの中心の位置の座標

e_x と e_y とは定数または25%より大きくない範囲で変化するなめらかな関数。

e_x および e_y の絶対値は小さい分数になるよう逆ばれる。小レンズ配列10上の一つ一つの小レンズはマスク12で画成される平面上の個々の像16を形成する。一つ一つの像の上の一点が一つのピンホールで抽出され伝えられる。像を形成する光の残りの部分は阻止される。マスク12上のピンホール配列の周期 P_a は小レンズ配列10の周期 P_b より僅かに異なるから、各ピンホールは各小像の異なる点を伝える。伝えられた点全体の一組は組合されて比較的大きい像18を像平面20の上に生ずる。

小レンズ配列とピンホールマスクの組合せでは、次式で与えられる有効な焦点距離を有することが分る。

$$F = \frac{f \cdot P_a}{P_b - P_a}$$

ここに P_a は小レンズ配列の周期で、 P_b はピンホール配列の周期である。

本発明の他の一つの実施例によれば、マスク12はピンホール配列を含む必要はなく、その代りに分離した光線伝導進路の配列を与えるようなどんな形の装置であつてもよい。

本発明のさらに他の一つの実施例によれば可視光線以外の型の放射線もここに述べた装置を用いて像を結ぶことができる。

さて第2図について対象物からの光線を受けるように配置された小レンズ配列30を用いた写真機を示している。ピンホール・マスク32は一般に小レンズ配列30に平行に配置され、それからの距離 S_1 の間隔を有する。写真フィルム34はいかなる型でもいかなる配置でもよく、マスク32の後の像平面におかれている。シャッタ機構36

はフィルム34に光が選択的に達することができるように操作でき、駆動装置38およびマスク32とフィルム34との間におかれたピンホール・

マスク40からなる。マスク40はマスク32上のピンホールの周期と同じ周期のピンホール分布

5を有するような構造をもつのが都合がよい。フィルム34はなめらかな像を結ぶためにピンホールを通じて伝わる光線が拡散するに十分な距離 S_2 だけマスク40からはなれている。 S_2 は S_1 とほぼ同

10じになるように選ばれるのが都合よい。シャッタ36が閉の位置ではマスク32を通過した光線がマスク40に達しないようにマスク40はマスク32の位相から僅かにずれるように置かれている。

シャッター36を開くとマスク40が僅かに15動き、マスク40のピンホールをマスク32のピンホールと一致するように持つてきて、これにより光線の進路がフィルム34に達することができるようとする。

本発明の他の一つの実施例によれば、小レンズ配列30を形成する小レンズの周期に、特に小レンズ配列の円周の縁に沿つて僅かの歪を与えることにより、精密な複写写真機用として歪修正の制御を行つてある。与える歪の正確な量は光学装置のその他の部分から入つたりあるいは複写される

20原文に存在する他の既知の見せかけの歪を補償するように設計される。同様にマスク32の周期の歪は歪修正用に用いることができる。

さて第3図において、小レンズ50を直線にならべたものとこれに対応する直線状ピンホール・

25マスク52とを用いた写真機を示す。小レンズ配列50は周期 P_x を0.2mmに等しくし、ピンホール配列マスク52はピンホールの周期 $P_y=0.22\text{mm}$

を有するようにするのが都合よいであろう。

小レンズ配列50とピンホール・マスク52と

30をマスク52の後におかれた写真フィルム56に

関して無関係に選択可能の速度で動かすことができるよう駆動装置54が設けられている。移動

できるカーテン58は小レンズ配列を通して光線がフィルム56に達するのを妨げている。フィルム56は露出の間静止していて、ピンホール配列

35が速度 V_2 で移動するとき小レンズ配列は速度 V_1 でそこへ横方向に移動してくる。速度 V_1 と速度 V_2 との比は P_x と P_y との比にはほぼ等しくなるよう

40に選びこのようにして第2図の写真機で生ずる像

に等しい像をフィルム上に生ずるようとする。

本発明の他の一つの実施例によれば、フィルム 56と観察されるべき対象物が移動する間ピンホール配列マスク52と小レンズ配列50とは固定されたままに保たれる。このような写真機は連続 5複写用あるいは競馬場の決勝線用写真機として使用される。決勝線用写真機ではフィルム上の像の横方向の位置は露出が行われた個々の時間の時間の関数である。

技術に熟練した人々には本発明の範囲内にある 10すべての広範な種類の異つた実施例において本発明は構成され操作されることができることとすることは明らかであろう。

図面の簡単な説明

第1図は対象物と像平面との間におかれた本発明の一実施例による光学装置の透視図である。第2図は第1図の装置を使用した写真機の斜視図である。第3図は本発明の実施例により構成された操作される走査用写真機の斜視図である。特許請求の範囲に記載された主な部品の参照番号は次の通りである。

小レンズ……10、対象物……11、ピンホール・マスク……12、像平面またはフィルム……20、30、56、ピンホール配列……40、単列の小レンズ……50、マスク……52。

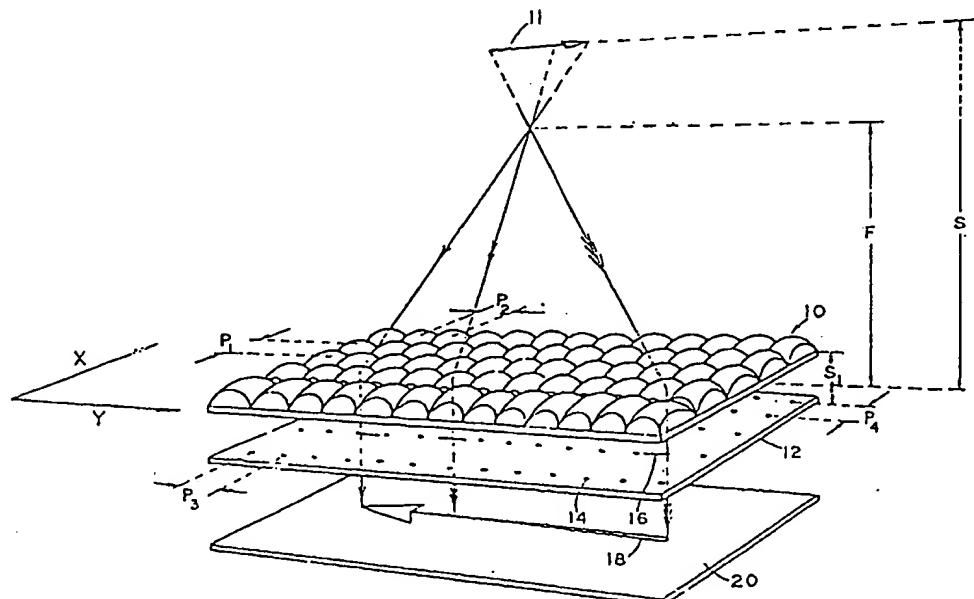


Fig. 1

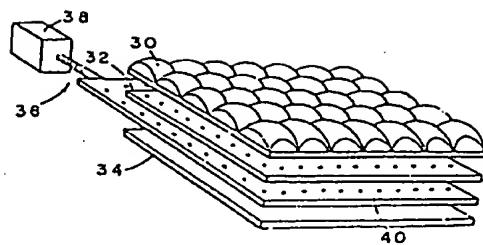
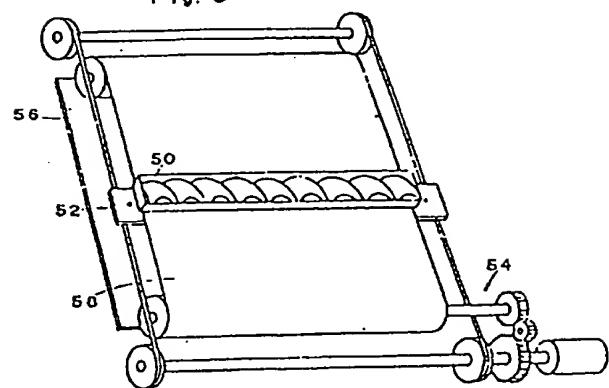


Fig. 2

Fig. 3



**A Translation of Substantially the Whole of
Japanese Patent Application Published No. S59-50042
(Published on December 6, 1984)**

5 [TITLE of the Invention]

Optical Apparatus

[Claims]

What is claimed is:

10 1. An optical apparatus for obtaining a relatively large image of an object with a relatively short distance between the apparatus and an image plane, comprising:

 a lens device, disposed between the object and the image plane and having on a surface thereof an array of microlenses arranged in a predetermined formation, 15 for forming a plurality of images;

 a sampling device, disposed between the plurality of microlenses and the image plane, for forming a plurality of separate light transmission paths; and

 an image plane device for holding an image recording device on the image plane,

20 wherein

 the microlenses each have a size substantially larger than a minimum size resolvable by a naked human eye;

 the light transmission paths individually transmit to the image plane different portions of light forming the plurality of images so that the light 25 transmission paths are combined together so as to form a complete image on the image plane; and

 the image plane device is so arranged as to hold the image-recording device at a sufficient distance from the sampling device to permit the individual light transmission paths can cover approximately the areas of the individual microlenses.

30

2. An optical apparatus as claimed in claim 1,

 wherein the surface microlens array has a flat array of same microlenses of a substantially identical size, and the image plane device holds the image-recording

device parallel to the flat array of microlenses.

3. An optical apparatus as claimed in claim 1,

wherein the sampling device has a pinhole mask having pinholes so formed
5 that portions of the light traveling from the microlenses and conveying different
parts of the images are passed through the mask at separate spots.

4. An optical apparatus as claimed in claim 3,

wherein the lens device is composed of a flat array of microlenses of a
10 substantially identical size, the pinhole mask is flat as a whole and is arranged
parallel to the flat microlens array, the image plane device holds the image-
recording device parallel to the flat microlens array, the pinhole array has a period
substantially greater than that of the microlens array, and the light from the
individual microlenses conveying the different parts of the image is passed through
15 the mask.

5. An optical apparatus as claimed in claim 4,

wherein the microlenses have a substantially identical focal length, and the
pinhole mask is placed a distance substantially equal to their focal length from the
20 microlens array.

6. An optical apparatus as claimed in claim 5,

wherein the image plane device holds the image-recording device a distance
substantially equal to the above-mentioned focal length from the pinhole mask.

25

7. An optical apparatus as claimed in claim 1,

wherein the microlens array has an identical period in one direction and in
another direction perpendicular thereto.

30

8. An optical apparatus as claimed in claim 7,

wherein the period is around 0.2mm.

9. An optical apparatus as claimed in claim 1, further comprising:
a shutter device for selectively permitting or preventing the light transmission paths reaching the image-recording device held by the image plane device.

5

10. An optical apparatus as claimed in claim 1,
wherein the image plane device holds a photographic photosensitive substance on the image plane.

10 11. An optical apparatus as claimed in claim 4,

wherein a ratio of a width of each pinhole to a width of each microlens is equal to a ratio of the width of each microlens to a width of the entire microlens array.

15 12. An optical apparatus as claimed in claim 1,

wherein the surface microlens array is composed of a single row of microlenses, and the sampling device is composed of a pinhole mask having a single row of pinholes arranged parallel to the single row of microlenses, a transferring device for moving the pinhole array and the microlens array in a lateral direction relative to the axis thereof with respect to the image-recording device held by the image plane device, and a screen device for preventing light from reaching the image-recording device held by the image plane except when the light passes through the microlenses.

25 13. An optical apparatus as claimed in claim 12,

wherein the period of the pinholes in the pinhole array is sufficiently larger than the period of the microlenses of the microlens array to permit the light traveling from the microlenses and conveying different parts of the images to be transmitted to the mask, the transferring device is composed of a microlens transferring device that moves the microlens array at a first speed and a pinhole transferring device that moves the pinhole array at a second speed that is slightly faster than the first speed and that has a substantially identical ratio thereto with

the ratio of the period of the pinhole array to the period of the microlens array, and the motion of the microlens array and the pinhole array relative to the image-recording device held by the image plane device forms a scanned image on the image-recording device.

5

[Detailed Description of the Invention]

The present invention relates to an optical apparatus, more particularly to an optical image-forming apparatus for forming an image on an image plane, and to a photographic apparatus employing such an optical apparatus.

10 A main object in designing a simple optical apparatus such as a photographic apparatus is to minimize the distance necessary between an objective lens and a focal plane on which an image is formed and simultaneously maximize the size of the image formed on the focal plane. As attempts to achieve this object, various types of single and compound lenses have been designed; however, these
15 have disadvantages of being relatively expensive and causing serious distortion in the images they form. USP 3,704,277 discloses an example of a conventional compound lens.

A well-known means for forming an array of minute images is microlens arrays. However, no proposal has ever been made to use a microlens array to
20 achieve the above object, i.e. to maximize the size of the obtained image and minimize the distance between the lens and the image plane. This is because what a microlens array forms is not one large image but a large number of minute images.

According to the present invention, the optical apparatus for obtaining a
25 relatively large image of an object with a relatively short distance between the apparatus and an image plane is provided with: a lens device, disposed between the object and the image plane and having on a surface thereof an array of microlenses arranged in a predetermined formation, for forming a plurality of images; a sampling device, disposed between the plurality of microlenses and the
30 image plane, for forming a plurality of separate light transmission paths; and an image plane device for holding an image recording device on the image plane, wherein the microlenses each have a size substantially larger than a minimum

size resolvable by a naked human eye; the light transmission paths individually transmit to the image plane different portions of light forming the plurality of images so that the light transmission paths are combined together so as to form a complete image on the image plane; and the image plane device is so arranged as
5 to hold the image-recording device at a sufficient distance from the sampling device to permit the individual light transmission paths can cover approximately the areas of the individual microlens.

According to an example of the present invention, a large number of microlenses each having a relatively short focal length are arranged between the
10 object and the image plane, preferably with a predetermined period (at regular intervals) on a flat surface. Each microlens forms a minute image. The individual light transmission paths of the sampling device transmit different parts of the corresponding minute images to the image plane. It is desirable that the sampling device be composed of a mask having thereon a pinhole array of which
15 the period is slightly different from the arrangement of the microlens array. When the action of all the individual pinholes is combined together, a large image is formed on the image plane.

According to another example of the present invention, the microlenses may be arranged on an uneven surface and in a non-periodical and random arrangement.
20 In this case, the sampling device is so designed that its distribution and action make it possible to form on the image plane a combined image similar to that obtained in the preferable example of the present invention described just above.

According to another example of the present invention, it is possible to obtain a photographic apparatus including a microlens array and a sampling device
25 as described above, a photosensitive photographic film disposed on the image plane, and a shutter disposed between the sampling device and the image plane. This photographic apparatus suffers little from uneven brightness.

Distortion control can be achieved by providing the photographic apparatus with a mechanism for changing the periodicity of the microlenses forming the
30 microlens array or the periodicity of the pinholes forming the pinhole array of the sampling device. In a photographic apparatus for document copying use, adding slight distortion like this is effective in correcting distortion caused by the copier or

distortion present in the original document to be copied.

According to another example of the present invention, it is possible to obtain a photographic apparatus for scanning use in which a one-dimensional microlens array and a one-dimensional pinhole array are arranged parallel and
5 move at slightly different speeds in the lateral direction relative to their axes so as to form a combined image on the photographic film.

According to one variation of this photographic apparatus for scanning use, a one-dimensional microlens array and a one-dimensional pinhole array are kept in fixed positions and instead the photographic film and the object move. Then, the
10 images obtained show the temporal changes in position of the object.

The present invention will be more fully understood and evaluated in light of the following detailed description when read with reference to the accompanying drawings.

Fig. 1 shows a microlens array 10 that has a large number of microlenses
15 arranged with a period of P_1 in the X direction and with a period of P_2 in the Y direction and that is disposed on the XY plane so as to face an object 11. It is preferable that P_1 and P_2 be equal, and at the same time that the distance between every two adjacent microlenses be about 0.2mm so as to slightly below the resolution limit of the human eye. Here, P_1 and P_2 are assumed to be equal, and
20 hereinafter they are represented as P_a .

The microlens array shown in Fig. 1 is only a typical one among various types of microlens arrays normally used in the examples of the invention. For example, it is also possible to use instead a flat microlens array having different periods P_1 and P_2 along the mutually perpendicular X- and Y-axes, or a microlens
25 array having microlenses arranged in a known random but periodical distribution pattern. The microlens array does not necessarily have to be arranged on a flat surface but may be arranged on any known surface. The size and periods of the microlenses may vary to suit applications.

The microlens array 10 is typically made of plastic and has a surface thereof
30 formed into a large number of separate convex microlenses. The precise shape of the individual microlenses may vary in accordance with the design and the production standards. The array may be of any shape, e.g. rectangular, hexagonal,

or triangular.

A mask 12 having a pinhole array is usually arranged parallel to the microlens array 10 so as to receive light behind it. If the distance between the microlens array 10 and the mask 12 is S_1 , then its relationship with the focal length 5 f of each microlens is expressed as

$$S_1 = \frac{f \cdot S}{S - f}$$

where

S represents the distance between the object 11 and the microlens array 10.
10 Usually, S is much larger than f , and therefore it is possible to regard f as a value
approximate to S_1 . Thus, setting the focal length of each microlens f to be 1cm
means setting S_1 to be 1cm.

It is preferable that on the mask 12, the pinholes 14 be arranged with a period of P_3 along the Y-axis and with a period of P_4 along the X-axis, and that P_3
15 and P_4 be equal to each other and slightly different from the periods of the microlenses of the microlens array 10. Whenever P_3 and P_4 are equal, they are
expressed as P_b . When P_a equals 0.2mm, P_b is set to be 0.22mm, for example.

According to other typical examples of the invention, a microlens array has
microlenses arranged on a flat surface with different periods along the X- and Y-
20 axes or has microlenses arranged in a known random distribution pattern. In
these cases, the relationship between the centers of the individual microlenses of
the microlens array 10 and the positions of the corresponding pinholes on the mask
12 is given by

$$25 \quad X'_i = X_i (1 + e_x)$$

$$Y'_i = Y_i (1 + e_y)$$

where

30 X'_i represents the position of the i-th pinhole in the X-axis direction;

Y'_i represents the position of the i-th pinhole in the Y-axis direction;

X_i represents the X-coordinate of the center of the i-th microlens in the X-axis direction;

Y_i represents the Y-coordinate of the center of the i-th microlens in the Y-axis direction; and

e_x and e_y represent constants or smooth functions whose values vary within a range of 25%.

Here, e_x and e_y are so determined that their absolute values are small fractions. The individual microlenses on the microlens array 10 form separate minute images 16 on the flat surface provided by the mask 12. Each of the pinholes extracts and transmits one point of the corresponding one of those images. The rest of the light forming those images is blocked. Because the period P_b of the pinhole array on the mask 12 is slightly different from the period P_a of the microlens array, the individual pinholes transmit different points of the corresponding minute images. All the transmitted points are combined together to form a relatively large image 18 on the image plane 20.

A combination of a microlens array and a pinhole mask is known to have an effective focal length given by

$$F = \frac{f \cdot P_a}{P_b - P_a}$$

where

P_a represents the period of the microlens array; and

P_b represents the period of the pinhole array.

According to another example of the invention, the mask 12 may include, instead of a pinhole array, any device which offers an array of separate light transmission paths.

According to another example of the invention, optical apparatuses as described above permit not only visible light but also other types of radiation to form images.

Fig. 2 shows a photographic apparatus employing a microlens array 30 so

arranged as to receive light from an object. A pinhole mask 32 is usually arranged parallel to the microlens array 30 and at a distance S_1 therefrom. A photographic film 34 disposed on the image plane behind the mask 32 may be of any type and arranged in any manner. A shutter mechanism 36 is operated so that light 5 selectively reaches the photographic film 34, and is composed of a drive device 38 and a pinhole mask 40 disposed between the mask 32 and the photographic film 34. It is preferable that the mask 40 be so designed as to have pinholes distributed with the same period as that of the pinholes disposed on the mask 32. To obtain smooth images, the photographic film 34 is located a sufficient distance away from 10 the mask 40 to permit the light transmitted through the pinholes to be diffused. It is preferable that S_2 be set to be substantially equal to S_1 . The mask 40 is arranged with a slight shift from the phase of the mask 32 so that the light having passed through the mask 32 does not reach the mask 40 when the shutter 36 is in its closed position. When the shutter 36 is opened, the mask 40 slightly moves so 15 that the pinholes of the mask 40 coincide with the pinholes of the mask 32. This permits the optical paths to reach the photographic film 34.

According to another example of the invention, by slightly adding distortion to the period of the microlenses forming the microlens array 30, especially by doing so along the circumferential edge of the microlens array, it is possible to control 20 distortion correction for fine photographic copier applications. The specific amount of distortion to be added is so determined as to correct other known apparent distortion caused by other parts of the optical apparatus or existing in the original document to be copied. Similarly, the distortion in the period of the mask 32 also can be used for distortion correction.

25 Fig. 3 shows a photographic apparatus composed of microlenses 50 arranged in a line and a linear pinhole mask 52 corresponding thereto. It is preferable that the period P_x of the microlens array 50 be 0.2mm and the pinhole mask array 52 have pinholes arranged with a period P_y of 0.22mm.

A drive mechanism 54 is provided so as to move the microlens array 50 and 30 the pinhole mask 52 at a specified speed regardless of the position of the photographic film disposed on behind the mask 52. A movable curtain 58 prevents light from passing through the microlens array and reaching the

photographic film 56. The photographic film 56 stays still during exposure and when the pinhole array moves at a speed V_2 , the microlens array approaches it laterally at a speed V_1 . The speeds V_1 and V_2 are so determined that their ratio is equal to the ratio between P_x and P_y . This permits an image similar to that 5 obtained by the photographic apparatus of Fig. 2 to be formed on the photographic film.

According to another example of the invention, the pinhole array mask 52 and the microlens array 50 are kept in fixed positions while the photographic film 56 and the object to be observed are moving. This type of photographic apparatus 10 is used for continuous copying or as a camera for monitoring the finish line in a horse race. When the photographic apparatus is used for monitoring the finish line in a horse race, the horizontal position on images formed on the photographic film is a function of individual moments of exposure.

It is obvious to skilled people that the present invention can be embodied 15 and practiced in a wide variety of manners within the scope of the invention.

[Brief Description of the Drawings]

Fig. 1 is a perspective view of an optical apparatus embodying the invention disposed between the object and the image plane.

20 Fig. 2 is a perspective view of a photographic apparatus employing the optical apparatus of Fig. 1.

Fig. 3 is a perspective view of a scanning photographic apparatus employing an embodiment of the invention.

The reference symbols of the main parts recited in the claims are as follows:

- 25 10... Microlenses
- 11... Object
- 12... Pinhole Mask
- 20, 30, 56... Image plane or Photographic Film
- 40... Pinhole Array
- 30 50... Linearly Arrayed Microlenses
- 52... Mask